

Universidad Católica de Colombia  
Bogotá, Colombia

## COMPARACIÓN DEL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA CIUDAD DE IBAGUÉ, CON LAS TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA CIUDAD DE SAO CARLOS BRASIL

Rodríguez Salazar William, Ascanio Suárez Nelson

Programa de Ingeniería civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia  
Bogotá D.C., Colombia

**Resumen**---- *La investigación se realizó con el fin de hacer una comparación del manejo de las aguas residuales domesticas en Colombia, con las empleadas en Brasil, donde se recopiló la información en la salida internacional que se hizo en la ciudad de Sao Carlos, estado de Sao Paulo, Brasil. Asimismo, usando herramientas de consulta académica y base de datos de las empresas encargadas de administrar las plantas de tratamientos de aguas residuales de la ciudad de Ibagué y la ciudad de Sao Carlos.*

*Con la información recolectada se hizo un flujograma de la PTAR de cada ciudad, donde se contemplaron los sistemas de tratamiento y los datos de operación (físico/químicos) de entrada y salida de la planta, con el fin de verificar como funciona cada una de ellas y hacer su respectiva comparación.*

*Al hacer la comparación de las plantas de tratamiento de aguas residuales de cada ciudad (Ibagué – Colombia, Sao Carlos – Brasil), se obtuvo que a pesar que tienen los mismos tratamientos (Preliminar, Primario y Secundario), la PTAR de Sao Carlos trata mejor los parámetros de DBO y SS, siendo este último tratado por un sistema de desinfección ultravioleta (UV), así mismo la eficiencia de cada PTAR está dentro de los parámetros permitidos por la normatividad vigente en Colombia.*

*Lo anterior se debe a que la PTAR de la ciudad de Ibagué y la PTAR de la ciudad de Sao Carlos tienen sistemas de Post-tratamiento que funcionan eficientemente.*

**Palabras claves:** Agua residual, cargas contaminantes, PTAR, reactor UASB.

**Abstract**--- *The research was conducted in order to compare domestic waste water management in Colombia, with those used in Brazil, where information was collected at the international departure was done in the city of Sao Carlos, Brazil. Also, using tools of academic consultation and database of the companies in charge of administering the wastewater treatment plants of the city of Ibague and the city of Sao Carlos.*

*With the information collected was make a flow diagram of the PTAR of each city (Ibague-Colombia, Sao Carlos-Brazil), where the treatment systems and operation data (physical / chemical) of the entrance and exit of the plant were contemplated, in order to the check how it works Each one and make their respective comparison.*

*By making comparison of wastewater treatment plants in each city (Ibague - Colombia, Sao Carlos - Brazil), the São Carlos PTAR treats the DBO and SS parameters better, the latter being treated by a disinfection system Ultraviolet (UV), Also*

*the efficiency of each PTAR is within the parameters allowed by the current regulations in Colombia. This is because the PTAR of the city of Ibagué and the PTAR of the city of São Carlos have post-treatment systems that work efficiently.*

## I. INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento poblacional en las zonas urbanas y rurales, se ha aumentado la construcción de viviendas y los servicios públicos. Esto ha generado altos problemas ambientales, donde la contaminación del recurso hídrico ha sido afectada por la gran descarga de las aguas residuales no tratadas y que provienen de los alcantarillados municipales.

La mayoría de países de América latina que están en desarrollo han adoptado programas para el tratamiento de las aguas residuales, especialmente para las grandes ciudades (Ibagué Colombia y São Carlos Brasil). Esto con el fin de conservar los criterios mínimos de calidad de los recursos hídricos, para los diferentes usos y mantener el equilibrio de los sistemas naturales.

Colombia ha demostrado estar a la vanguardia en la inspección de contaminación hídrica, haciendo un esfuerzo constante para ayudar a mitigar los impactos ambientales. Así mismo, estos no han dado el mejor resultado, pero se estima encontrar las actividades pertinentes para obtener un mejor trabajo.

Además, se han hecho trabajos a nivel regional y local para lograr construir una infraestructura adecuada que ayude al manejo de la contaminación hídrica. No obstante, se

han visto limitadas porque algunas autoridades ambientales y los municipios, no han logrado topár con las herramientas necesarias para llevar a cabo un riguroso manejo y tratamiento de aguas residuales.

Brasil es un ejemplo inquebrantable del trabajo que se debe llevar a cabo para un tratamiento de aguas residuales. Esto se puede evidenciar al no tener la totalidad de su cobertura en la red de alcantarillado, pero a la par cuenta con un extenso campo tecnológico que permite usar sistemas de baja o alta complejidad, como los reactores anaeróbicos y aeróbicos.

En este trabajo de grado se realizó una comparación del manejo de las aguas residuales domésticas en Colombia, con las empleadas en Brasil, contemplando los diferentes sistemas de tratamiento, así como los parámetros de operación (físico/químicos) de las plantas de tratamiento de agua residuales (PTAR).

## II. METODOLOGÍA

Este trabajo se ejecutó basado en un reconocimiento de las tecnologías usadas en Brasil para el manejo de aguas residuales, la cual nos sirvió de ayuda para realizar una comparación con la PTAR el Tejar Ibagué, en donde se encontrarán parámetros que permitan establecer las diferencias en el manejo de estas.

Así mismo la búsqueda y recopilación de la información se hizo a través de una salida internacional a la Universidad de São Paulo, ciudad de São Carlos Brasil, y conferencia dictada por el Doctor Luiz Antonio Daniel, docente de la Universidad, igualmente la

solicitud de la información a las empresas encargadas de administrar las plantas de tratamiento (PTAR MONJOLINHO - Brasil y PTAR EL TEJAR - Ibagué), para conocer su estructura y ver el manejo de las aguas residuales, desde el punto de vista técnico y operativo.

Por último, se hizo un análisis comparativo de los resultados encontrados en los documentos por medio de las entidades o proyectos de años anteriores de las ciudades de Sao Carlos e Ibagué y se presentaron las conclusiones, recomendaciones, teniendo en cuenta los cuadros comparativos de las dos ciudades en mención.

Con la ejecución de esta metodología se buscó predefinir las características básicas para generar de manera segura y eficaz el buen funcionamiento de una PTAR.

La principal limitación para esta investigación es la falta de fuentes bibliográficas y el tiempo reducido para la exploración de la misma, ya que al hacer la comparación de las dos ciudades se necesitan de datos reales y actualizados, que son muy restringidos por las empresas que administran las PTAR de cada ciudad, por consiguiente, se limita a la búsqueda de información con datos teóricos de proyectos de años anteriores.

### III. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente estudio se realizó un paralelo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las ciudades de Ibagué y Sao Carlos, en el cual se tuvo en cuenta los procesos de tratamiento preliminar, tratamiento biológico y tratamiento

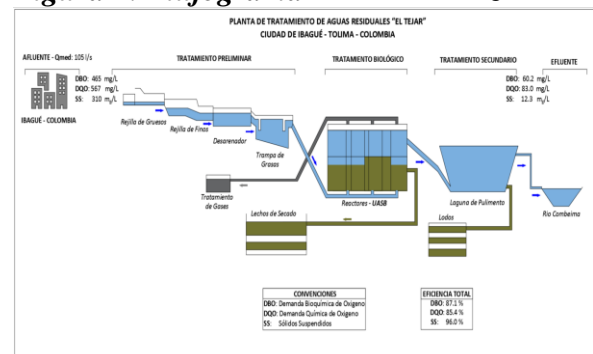
secundario para la planta EL TEJAR, y los procesos de tratamiento preliminar, tratamiento biológico y tratamiento físico-químico para la planta de MONJOLINHO.

El estudio de los sistemas de tratamiento en mención se determinó por los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos, con el fin de notar la remoción de materia orgánica biodegradable, remoción química de la materia orgánica y cantidad de sólidos disueltos respectivamente. Este último es un parámetro que sirve para determinar la calidad del agua.

Los parámetros referidos nos ayudan a verificar si los tratamientos aplicados contribuyen a mejorar la calidad del agua, por ende, los parámetros serán comparados para corroborar su resultado en los dos sistemas de tratamiento de aguas residuales. También se tendrá en cuenta los caudales de los dos sistemas para establecer su capacidad de operación.

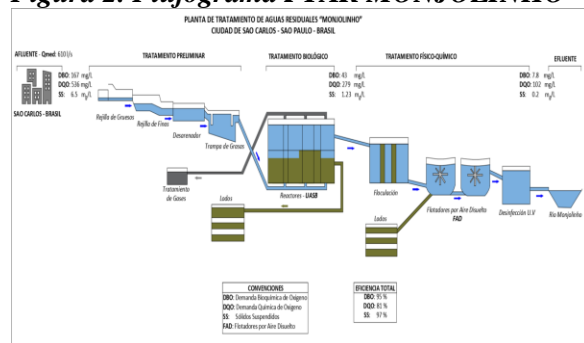
En la fig. 1 y 2, se presentan los flujogramas de las PTARS, donde se muestra la infraestructura y el sistema de tratamiento, con sus datos fisicoquímicos de operación de la planta.

**Figura 1. Flujograma PTAR EL TEJAR**



Fuente. Los autores

**Figura 2. Flujograma PTAR MONJOLINHO**



Fuente. Los autores

Es importante aclarar que en la comparación se trabajó las dos plantas de tratamientos de aguas residuales con los parámetros señalados y se utilizó la “Resolución 0631 de

2015 Art 8”<sup>1</sup> y el “Decreto 1594 de 1984 Art 72”<sup>2</sup>, igualmente se observó si cumplen con los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas.

A continuación, se llevarán a cabo las respectivas comparaciones en mención, aunque se debe resaltar la importancia de todos los factores que influyen en una PTAR:

**Cuadro 1. Caudal de entrada**

Caudal (l/s) PTAR EL TEJAR	Caudal (l/s) PTAR MONJOLINHO
105	610

Fuente. Los autores

**Cuadro 2. Datos fisicoquímicos**

VARIABLE	PTAR EL TEJAR		PTAR MONJOLINHO		EFICIENCIA TOTAL (%)	
	Concentración		Concentración		PTAR EL TEJAR	PTAR MONJOLINHO
	Entrada	Salida	Entrada	Salida		
DQO (mg/L)	567	83.0	536	102	85.4	81.0
DBO (mg/L)	465	60.2	167	7.8	87.1	95.0
SS (mg/L)	310	12.3	6.5	0.2	96.0	97.0

Fuente. IBAL S.A E.S.P. Informe final de resultados No. 016-16-1 (16 de febrero de 2016). Ibagué: 20 p - SAAE Sao Carlos [en línea]. [citado 21 febrero. 2017]. Disponible en internet: <URL: <http://www.saaesaocarlos.com.br/>>.

**Cuadro 3. Comparación con la normatividad vigente en Colombia**

PTAR	VARIABLE	UN	RESOLUCIÓN 0631 DE 2015 ART 8	CONCENTRACIÓN	DECRETO 1594 DE 1984 ART 72	EFICIENCIA (%)	CUMPLE
EL TEJAR	DQO	mg/L	180	83	No regula	85.4	SI
	DBO	mg/L	90	60.2	Remoción ≥ 80%	87.1	SI
	SS	mg/L	90	12.3	Remoción ≥ 80%	96.0	SI

<sup>1</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 1594 (26, junio, 1984). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogotá: El Congreso, 1984. p. 45.

<sup>2</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 1594 (26, junio, 1984). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogotá: El Congreso, 1984. p. 45.

Continuación Cuadro 3

MONJOLINHO	DQO	mg/L	180	102	No regula	81.0	SI
	DBO	mg/L	90	7.8	Remoción $\geq$ 80%	95.0	SI
	SS	mg/L	90	0.2	Remoción $\geq$ 80%	97.0	SI

Fuente. Los autores.

➤ De acuerdo a los datos registrados en el cuadro 2, se puede observar que la PTAR EL TEJAR tiene más entradas de DQO, DBO y SS que la PTAR MONJOLINHO.

➤ Considerando un caudal de 610 l/s para la PTAR MONJOLINHO y 105 l/s para la PTAR EL TEJAR, esta última tiene mayor entrada de materia biológica y química.

➤ Se observó que los resultados en las dos plantas son muy similares, aunque hay diferencias en eficiencias estas no resultan considerables; viendo un mayor desempeño en la PTAR EL TEJAR en DQO y mejor desempeño en DBO y SS en la PTAR MONJOLINHO.

➤ Los parámetros de la PTAR EL TEJAR y la PTAR MONJOLINHO cumplen de acuerdo a los parámetros establecidos por la resolución 0631 de 2015 Art 8 y el decreto 1594 de 1984 Art 72 (véase cuadro 3).

➤ Aunque no se tiene los datos de específicos de los tratamientos (preliminar, biológico, secundario) de la PTAR EL TEJAR se puede evidenciar que a medida que se acoplan los tratamientos, los niveles de depuración aumentan.

➤ En la PTAR MONJOLINHO se evidencia que, a medida que el agua atraviesa los diferentes tratamientos se nota una

disminución bastante significativa en los parámetros de la siguiente manera:

- DBO: Tratamiento Biológico 25% - Tratamiento físico-químico 18%
- DQO: tratamiento biológico 52% - Tratamiento físico-químico 36%
- SS: tratamiento biológico 19% - Tratamiento físico-químico 16%

➤ La PTAR MONJOLINHO, tiene un tratamiento adicional que es la desinfección ultravioleta, en donde se observó que tiene una eficiencia alta, ya que ayuda a disminuir considerablemente los microorganismos. y la PTAR EL TEJAR, tiene un tratamiento secundario (Laguna de pulimento), donde elimina patógenos, nutrientes y posiblemente algas. Esto es de gran importancia para que las aguas vertientes lleguen al efluente en condiciones óptimas que pueda ser reutilizado en la agricultura.

➤ Para la PTAR MONJOLINHO hay mayor disminución de DBO y menor disminución de DQO, debido a que hay una fracción de DQO difícilmente biodegradable.

➤ El 81 % de remoción de DQO en la PTAR MONJOLINHO lo genera en DBO, ya que una fracción del DQO es DBO.

➤ Cabe la posibilidad de que a mayor sólidos suspendidos, mayores sean los microorganismos transportados en el agua.

#### IV. CONCLUSIONES

➤ La comparación de los diferentes sistemas de tratamiento que tiene cada ciudad fue muy importante para tener un enfoque más apropiado de como es el manejo de las aguas residuales municipales entre las dos regiones, ya que, sin importar el lugar, los sistemas de tratamientos son iguales y la diferencia conlleva a la operación que tiene cada planta.

➤ En los resultados analizados anteriormente se observó que la disminución de concentración de las cargas contaminantes (DQO, DBO y SS) se deben a los tipos de tratamiento que se usen, ya que entre más sistemas de postratamiento tengan; mejor es la disminución de estos contaminantes en el agua, dejando en claro que va de la mano con una buena operación y funcionamiento de estas.

➤ En la PTAR MONJOLINHO se evidenció que al tener un tratamiento adicional (desinfección UV), el parámetro de sólidos suspendidos (SS) tiene que ser muy bajo (véase cuadro 2) para que el proceso de desinfección sea más efectivo, debido a que, si hay menos partículas en el agua, mayor es la penetración de la luz UV en el sistema.

➤ El uso del tratamiento anaerobio (Reactor UASB) en las dos plantas ha sido muy eficaz, ya que cuenta con captación de

BIOGAS, que es un subproducto que se obtiene de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica de las aguas residuales domésticas, así mismo se constató que este sistema de tratamiento es el más usado en América Latina, especialmente en climas cálidos.

➤ Los parámetros de la PTAR MONJOLINHO y la PTAR EL TEJAR fueron analizadas con la resolución 0631 de 2015 y el decreto 1594 de 1984, en donde todos los parámetros de las dos plantas son menores a los valores máximos permisibles exigidos por la norma en mención (véase cuadro 3).

➤ A pesar de que la PTAR EL TEJAR tiene un menor caudal de entrada respecto a la PTAR MONJOLINHO, esta tiene más ingreso de materia biológica y química; haciendo que sus tratamientos (preliminar, biológico y secundario) para la depuración de dicha materia en mención sea más eficiente.

#### V. RECOMENDACIONES

Se recomienda que la PTAR EL TEJAR de la ciudad de Ibagué, controle y lleve los registros correspondientes de análisis en cada uno de los tratamientos que se hacen en dicha planta (histórico), para verificar en cual o cuales de los tratamientos se puede mejorar para que su eficiencia sea mayor y haya una reutilización del agua y recuperación de los recursos naturales.

Para que las remociones en sólidos totales y cargas contaminantes (DBO, DQO, SS) estén bajo los estándares de la normatividad establecida en cada región, se debe tener un

control, seguimiento a los procesos y mantenimiento a los diferentes sistemas de tratamiento que se usen, así mismo las empresas encargadas de la administración de las plantas de tratamiento deben conocer el protocolo de operación para que no se presenten deficiencias técnicas en los sistemas y no generen un impacto ambiental negativo, especialmente a muchas comunidades que se benefician de los efluentes.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. S. Pérez, J. P. Bonilla, G. I. A. Arias, and Básico, “Plan nacional de manejo de aguas residuales en Colombia.” 2004.
- [2] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Resolución 631: Por el cual se establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.” p. 62, 2015.
- [3] Colombia, “Decreto 1594 de 1984 - Observatorio Ambiental de Bogotá,” 1984. [Online]. Available: <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/decreto-1594-de-1984>. [Accessed: 18-Apr-2017].
- [4] IBAL SA ESP, “IBAL SA ESP OFICIAL,” 2017. [Online]. Available: <http://ibal.gov.co/el-tejar/>. [Accessed: 07-Apr-2017].
- [5] NOYOLA, A., 2003. Tendencias En El Tratamiento De Aguas Residuales Domesticas En Latinoamérica. Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales [en línea], pp. 1-9. [Consulta: 15 abril 2017]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/agua2003/noyo.pdf>.
- [6] J. A. R. Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño, Tercera ed., Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2010, p. 1248.
- [7] SAAE - SÃO CARLOS, “Servicio Autónomo de Água Esgoto,” 2017. [Online]. Available: <http://www.saaesaocarlos.com.br/joomla4/index.php/estogomenutop/etesmenud>. [Accessed: 28-Feb-2017].
- [8] VON SPERLING, M., 2016. Urban wastewater treatment in Brazil. [en línea], [Consulta: 12 abril 2017]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7783/Urban-wastewater-treatment-in-Brazil.pdf?sequence=1>.
- [9] WWAP, ONU y UNESCO, «Aguas residuales: un recurso sin explotar,» UNESCO Publishing, 7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP Francia., Paris, 2017.